

**Topographische Größenanalyse von Nervenzellen  
aus dem Dorsalkern des  
Corpus geniculatum laterale der Katze**

Nikolaus Blume

**1975**





Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41551923\\_0094](https://archive.org/details/IA41551923_0094)



Aus dem Max-Planck-Institut für Psychiatrie,  
Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie  
Direktor: Prof. Dr. D. Ploog

Topographische Größenanalyse von Nervenzellen aus dem  
Dorsalkern des Corpus geniculatum laterale der Katze

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von  
Nikolaus Blume  
aus  
München  
1975

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität  
München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. H. Holländer

Mitberichterstatter: Prof. Dr. R. Wetzstein

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 15. 7. 1975



## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                    | Seite |
|--------------------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung                                                         | 1     |
| Material und Methode                                               | 3     |
| 1) Versuchstiere                                                   | 3     |
| 2) Herstellen der Präparate                                        | 3     |
| 3) Meßanordnung                                                    | 5     |
| 4) Meßvorgang                                                      | 7     |
| 5) Datenverarbeitung                                               | 9     |
| Ergebnisse                                                         | 12    |
| 1) Histologische Beschreibung des Kerns                            | 12    |
| 2) Quantitative Beobachtungen am Gesamtkern                        | 15    |
| 3) Quantitative Beobachtungen an den Haupt-<br>schichten A und A 1 | 24    |
| Diskussion                                                         | 29    |
| Zusammenfassung                                                    | 36    |
| Literaturverzeichnis                                               | 37    |



## EINLEITUNG

Mit dem visuellen System der höheren Wirbeltiere beschäftigen sich Anatomen wie Physiologen seit über hundert Jahren intensiv. Nachdem zunächst Untersuchungen an menschlichen Gehirnen nach peripherer, meistens einseitiger Blindheit erste Kenntnisse über optische Bahnen und Zentren vermittelt (Vesal 1555, Cruveilhier 1836), begann Gudden 1870 das visuelle System experimentell-anatomisch zu erforschen. Er führte Operationen an neugeborenen Tieren durch und beobachtete die daraus resultierenden Entwicklungshemmungen in der Sehbahn. Tartuferi 1881, Ganser 1882 und von Monakow 1882 führten erste mikroskopische Untersuchungen der primären optischen Zentren durch. Für die meisten experimentellen Studien des Sehsystems wurde die Katze als Versuchstier benutzt. Die vorliegende Arbeit ist eine quantitative Untersuchung an Ganglienzellen im Dorsalkern des Corpus geniculatum laterale (CGLd) der Katze, dem wichtigsten Zwischenhirnkern in ihrem visuellen System.

Quantitative Untersuchungen über die Größe von Querschnittsflächen der Nervenzellen im CGLd sind im Rahmen von experimentellen Degenerationsstudien vorgenommen worden, um Schrumpfungsprozesse an deafferentierten Nervenzellen nachzuweisen. Die ersten exakten Untersuchungen darüber haben Cook,

Walker und Barr 1951 durchgeführt. Um das Ausmaß der Schrumpfung von deafferentierten Nervenzellen festzustellen, führten sie, wie auch alle späteren Autoren monokulare Eingriffe durch und verglichen in jedem Experiment die Nervenzellgrößen in den deafferentierten Geniculatumschichten mit denen in den normal innervierten Schichten. Der Grund für dieses Vorgehen war, daß eine normale mittlere Zellgröße, gültig für alle Versuchstiere, sich nicht definieren ließ, weil die beobachteten mittleren Zellgrößen bei den einzelnen Tieren zu unterschiedlich waren.

Die vorliegende Untersuchung wurde nun unternommen, um über eine vergleichsweise große Anzahl von Messungen der Zellgröße zu brauchbaren Werten über die mittlere Zellgröße im normal innervierten CGLd der Katze zu kommen.

## MATERIAL UND METHODE

### 1. Versuchstiere

Als Versuchstiere dienten sechs normale, erwachsene Katzen von etwa gleichem Gewicht (siehe Tabelle 1, Seite 20). Drei Tiere waren weiblich, drei männlich.

### 2. Herstellen der Präparate

#### Perfusion

In tiefer Nembutalnarkose (ca. 25 mg/kg Körpergewicht) wurde das Herz in situ freipräpariert und der rechte Vorhof, sowie der linke Ventrikel eröffnet. Durch die Ausflußbahn des linken Ventrikels wurde dann eine Kanüle von entsprechender Stärke in die Aorta ascendens eingeführt und bei einem Druck von 120 mm Hg 4%iges Formol infundiert, bis aus dem rechten Vorhof nur noch Formol austrat. Alle sechs Tiere wurden hintereinander an einem Vormittag perfundiert, die Köpfe der Tiere über Nacht in 4%igem Formol im Kühlschrank bei 4° C nachfixiert.

#### Gewebsentnahme und Einbettung

Der Kopf der Versuchstiere wurde in einen stereotaktischen Rahmen eingespannt. Nach Entfernen der Schädeldecke wurden mit einer stereotaktischen Schneidevorrichtung bei geschlossener Dura zwei Transversalschnitte in den anterior-posterior

Koordinaten + 2,0 und + 12,0 gelegt. Der 10 mm starke Transversalblock zwischen zwei derartigen Schnitten enthält beide CGLd vollständig (Reinoso-Suarez '61).

Zusammen mit dem Transversalblock wurde dann das Gehirn herauspräpariert. Die Bulbi olfactorii wurden abgetrennt und verworfen. Ebenso wurden durch einen Querschnitt am rostralen Brückenrand Kleinhirn, Pons und Medulla oblongata abgetrennt und verworfen. Die restlichen Teile wurden zusammen mit dem Transversalblock zwei Wochen lang in 4%igem Formol nachfixiert. Vom Transversalblock wurden ventrale Anteile durch einen Horizontalschnitt abgetrennt, jedoch nicht verworfen. Von je einem Tier wurde der Transversalblock zusammen mit allen nicht verworfenen Restteilen des Gehirns in ein Gasesäckchen gebunden. Die Wässerung und die nachfolgende Dehydrierung des Materials aller sechs Tiere konnte so in einem Gefäß gleichzeitig durchgeführt werden. Nach der Dehydrierung wurden die Hirnteile aus dem absoluten Alkohol gewogen (siehe Tabelle 1, Seite 20). Die Wägung erfolgte deshalb in genau dieser Phase der Gewebsaufbereitung, weil das Hirngewicht nach der Dehydrierung in relativ fester Korrelation zum Frischgewicht des Hirns steht (Leibnitz '71). Die anschließende Celloidineinbettung erfolgte in einem Zeitraum von drei Wochen im Vakuum (Romeis '68).

## Histologie

In der, durch die stereotaktische Schneidevorrichtung festgelegten Schnittebene wurde von der Frontalscheibe eine fortlaufende Frontalserie mit Schnitten von  $15\ \mu$  Dicke angefertigt. Jeder 5. Schnitt wurde mit Thionin gefärbt und auf einem Objektträger aufgezogen. Zur Zellmessung wurden Schnitte, die bei 65 % der rostrocaudalen Ausdehnung des CGLd der linken Hemisphäre lagen, ausgewählt. Dabei wurden, ausgehend vom ersten rostralen Anschnitt des CGLd bis zum letzten caudalen Anschnitt die Schnitte gezählt. 65 % dieser Anzahl ergeben von rostral an gerechnet die Schnittnummer des zu messenden Schnitts. Pro Versuchstier wurden jeweils drei Schnitte genommen, und zwar zu dem wie oben berechneten Schnitt noch je der nächste nach rostral und caudal gelegene Schnitt. Damit hatten die drei untersuchten Transversalebene einen gegenseitigen Abstand von  $75\ \mu$ .

### 3. Meßanordnung

Die Meßanordnung zum Vermessen von Ort und Fläche der Nervenzellen wurde im Max-Planck-Institut für Psychiatrie entwickelt und gebaut. Sie bestand aus folgenden vier miteinander verbundenen Untereinheiten:

1. Einem Mikroskop (Leitz-Orthoplan), dessen Objekthalter von digitalen Weggebern (Einstellgenauigkeit  $\pm 0,5\ \mu$ ) in der x- und y-Achse bewegt wurde. Die digitalen Weggeber wurden von Handspindeln getrieben. Fokussiert wurde mit

einem Hebel unter dem Mikroskoptisch, der vom Knie des Betrachteters bewegt werden konnte. Die Hände waren dadurch frei für die Handspindeln. Auf das Mikroskop aufgesetzt war ein Umlenkprisma. Über das Umlenkprisma und einen Umlenkspiegel wurde das vom Mikroskop erzeugte Bild auf eine opake Acetatfolie geworfen. Diese Folie war mit einer Glasscheibe auf einem Meßtisch befestigt, der starr mit dem Mikroskoptisch verbunden war. Die Projektionsvergrößerung auf der opaken Acetatfolie war bei Verwendung eines 100fachen Objektivs 1250fach.

2. Einem digitalen Scheibenplanimeter, mit dem die Fläche der jeweils auf die Folie projizierten Zelle in  $\text{mm}^2$  gemessen wurde. Zum Umfahren der Außengrenze des Perikaryons diente eine Fahrlupe mit einem Punkt zum Visieren im Zentrum, und eine senkrechte Hilfslinie auf der Folie, die den Anfangs- und Endpunkt einer Umfahrung markierte.

3. Einem Interface, das die Koordinaten des Meßortes und die Größe der Zellfläche auf einem Schreibautomaten übertrug. Am Interface konnte ein Datencode eingestellt werden, mit dem die Koordinaten entweder Zellen oder Kurvenpunkten zugeordnet werden konnten. Außerdem gab das Interface jeder Einzelmessung eine fortlaufende Nummer.

4. Einem Schreibautomaten mit Lochstreifenleser und -stanzer, der über einen Auslösemechanismus vom Interface

gesteuert wurde. Von dem Schreibautomaten wurden Datencode, laufende Nummer, x- und y-Koordinate in  $\mu$  und die vom Planimeter gemessene Fläche in  $0,1 \text{ mm}^2$  ausgedruckt. In derselben Reihenfolge wurden die Daten auf den Lochstreifen gespeichert.

Zur Orientierung auf dem Meßfeld diente ein x-y Schreiber, der über einen Analogwandler vom Interface gesteuert, die Lage der gemessenen Zellen laufend graphisch registrierte. Doppelmessungen wurden dadurch vermieden, daß die Ober- und Untergrenze der  $50 \mu$  breiten Meßzeile durch einen Ton angezeigt wurde. Die Einstellung der Meßzeile wurde am Interface vorgenommen und war beliebig veränderbar.

Bedient wurde die ganze Meßanordnung von zwei Personen. Eine Person war notwendig zur Bedienung des Mikroskops. Sie mußte die Nervenzellen der Reihe nach deutlich auf den Nucleolus einstellen. Die andere Person war notwendig zur Planimetrierung. Vor jeder Messung einer eingestellten Nervenzelle wurde das Zählwerk des Planimeters auf Null gestellt, und nach der Messung der Schreibautomat zur Registrierung der Daten ausgelöst.

#### 4. Meßvorgang

Der ausgewählte histologische Schnitt wurde im Objekthalter des Mikroskops fest eingespannt. Dann wurde bei ge-

ringer Vergrößerung (Objektiv 10) der Dorsalkern des Corpus geniculatum laterale eingestellt. Das CGLd innerhalb eines Schnitts wird im folgenden als Meßfeld bezeichnet. Der Nullpunkt für die Koordinaten wurde so gewählt, daß das Meßfeld auf der positiven Seite des Koordinatensystems lag. Als Nullpunkt diente eine auffallende histologische Struktur im Präparat wie ein Oligodendrocyt oder eine Gefäßendothelzelle. Nachdem der Nullpunkt festgelegt war, wurden mehrere Punkte am Rand des CGLd nacheinander eingestellt, geplottet und auf Lochstreifen festgehalten. Auf diese Weise entstanden Kurvenpunkte auf dem x-y Schreiber, die von Hand miteinander verbunden eine Umrißzeichnung des Kerngebiets ergaben, und es entstand ein Datensatz für einen Kurvenzug zur späteren Auswertung auf dem Prozeßrechner. Das Meßfeld wurde nun in Zeilen von 50  $\mu$  Breite senkrecht zur y-Achse unterteilt. Die oberste Zeile mit dem höchsten y-Wert wurde zuerst im Mikroskop eingestellt und seine Ober- und Untergrenze mit einem Tonsignal versehen. Unter hoher Vergrößerung (Objektiv 100, Ölimmersion) wurden von lateral nach medial die Nervenzellen innerhalb einer Zeile nacheinander eingestellt und vermessen. Die seitliche Begrenzung einer jeden Zeile wurde an der Umrißzeichnung auf dem x-y Schreiber abgelesen. Die Werte jeder Messung wurden auf dem Schreibautomaten ausgedruckt und auf Lochstreifen abgespeichert. Es wurden nur Nervenzellen gemessen, die einen klaren Nucleolus erkennen ließen. Ähnlich wie bei der Leukocytenzählung in einer Zähl-

kammer wurde vereinbart, daß alle Zellen, die auf der Obergrenze der Meßzeile lagen zur eingestellten Zeile zählten, während alle Zellen, die auf der Untergrenze lagen, zur nächsten Zeile gezählt wurden. Nach ca. je 100 Zellmessungen wurde der Koordinatennullpunkt geprüft.

Mit dieser Meßmethode konnten maximal 300 Zellen in der Stunde vermessen werden. Insgesamt wurden im CGLd ca. 40 000 Nervenzellen bei den sechs Versuchstieren gemessen.

#### 5. Datenverarbeitung

Für jedes Meßfeld wurde ein Lochstreifen angefertigt. Die Daten auf dem Lochstreifen bestanden aus dem Kennsatz, der die folgende Datenmenge kennzeichnete, aus Kurvenpunkten, die das Meßfeld begrenzten, und aus Zellen mit Koordinaten des Ortes und der Querschnittsfläche. Diese Form, die Daten zunächst zwischenzuspeichern und dann off-line zu verarbeiten wurde gewählt, weil die Datenerfassung, d. h. das Vermessen der Nervenzellen viel mehr Zeit beanspruchte als die eigentliche Datenverarbeitung.

In der Zentralen Rechenstelle des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie wurden die Daten auf einer IBM 1130 Rechenanlage analysiert. An die Rechenanlage angeschlossen waren zwei Bändeinheiten, ein Speicheroszillograph mit Fotoein-

richtung, eine Karteneinheit und ein Zeilendrucker.

Vom Lochstreifen wurden die Daten zunächst in die Rechenanlage eingelesen. Für jedes Meßfeld dauerte das Einlesen etwa 20 - 30 Minuten. Von der Rechenanlage wurden dann die Daten auf ein Magnetband gelesen. Auf dem Magnetband entstand so eine nach Meßfeldern geordnete und beliebig abrufbare Datenmenge. Das Einlesen der Daten vom Magnetband auf die Rechenanlage dauerte für jedes Meßfeld nur wenige Sekunden. Mit einem speziell dafür entwickelten Programm wurden mit den Daten verschiedene Operationen durchgeführt.

Auf dem Speicheroszillographen wurden die Zellorte in Form von Punkten oder flächentreuen Kreisen nach unterschiedlichen Größenklassen dargestellt (Cytotopogramm). Für jedes Meßfeld wurde ein Histogramm nach Zellgrößen und Häufigkeit mit Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung dargestellt. Um die Zellanzahl pro Flächeneinheit zu erhöhen wurden die drei Meßfelder eines CGLd zusammengefügt. Dies geschah mit Hilfe von Fixpunkten, die durch Übereinanderlegen und Anpassen der entsprechenden Zeichnungen des x-y Schreibers auf einem Leuchtkasten festgelegt wurden. Durch Polygonzüge wurden Teilflächen aus den histologischen Schichten A und A 1 definiert. Die Eckpunktkoordinaten der Polygonzüge wurden in einer der drei Zeichnungen des x-y Schreibers ermittelt, auf Lochkarten gestanzt und über die Karteneinheit eingegeben.

Für die statistische Auswertung wurden parameterfreie Verfahren gewählt. Um Unterschiede in der mittleren Zellgröße zwischen den zwei Hauptschichten A und A 1 herauszustellen wurde der Wilcoxon-Test, für paarweise Vergleiche von Histogrammen der  $\chi^2$ -Test benutzt.

## ERGEBNISSE

### 1. Histologische Beschreibung des Kerns

Das Corpus geniculatum laterale der Katze setzt sich aus zwei Kernen zusammen, einer großen Pars dorsalis und einer wesentlich kleineren Pars ventralis. Die vorliegende Arbeit bezieht sich nur auf den dorsalen Teil (CGLd). Das CGLd ist eine S-förmig gekrümmte Zellplatte, die von ventral und caudal her von den Fasern des Tractus opticus bedeckt wird, und von rostral und dorsal vom Mark der Sehstrahlung umschlossen ist.

Die wichtigsten afferenten Faserverbindungen zum CGLd kommen von der Retina. Zunächst laufen diese Afferenzen über den Nervus opticus, der am posteromedialen Pol eines jeden Auges austritt. Der Nervus opticus ist bei der Katze ausschließlich aus Axonen der Ganglienzellen der Retina zusammengesetzt. Die Fasern passieren dann das Chiasma nervi optici. Hier kreuzen die Axone, die von der nasalen Retina kommen. Der Anteil der kreuzenden Fasern im Chiasma nervi optici wird von Polyak ('57) auf 50 - 70 % geschätzt. Hayhow ('58) berichtete, daß etwa zwei Drittel aller Fasern kreuzen. Von der Sehnervenkreuzung aus nach posterior und dorsal führt der Tractus opticus zum Thalamus. Dort teilt

er sich in eine medioventrale und eine dorsolaterale Komponente und erreicht so das CGLd. Die wichtigsten efferenten Faserverbindungen des CGLd gehen über die Radiatio optica zum Cortex, wo sie bei der Katze hauptsächlich in der primären und sekundären Sehrinde (Area 17 und Area 18) enden. Außer den retinalen Afferenzen bekommt das CGLd afferente Faserverbindungen von den Areae 17, 18 und 19 sowie vom Gyrus suprasylvicus. Die Sehstrahlung besteht also aus geniculocorticalen und corticogeniculären Fasern.

Der innere Aufbau des CGLd zeigt eine Gliederung in Zellschichten. Als erster beschrieb Tello ('04) drei Hauptschichten des CGLd, die von Thuma ('28) mit den Buchstaben A, A 1 und B gekennzeichnet wurden. Darüberhinaus unterschied Thuma noch einen Nucleus interlaminaris centralis und einen Nucleus interlaminaris medialis. Diese Einteilung war bis vor wenigen Jahren allgemein gebräuchlich. Auf Grund von Degenerationsbefunden nach Augenenucleation gab Guillery ('70) eine neue Einteilung der Schichten an. Er fand innerhalb von Thuma's Lamina B eine streifenförmige Degeneration ipsilateraler Afferenzen. Da Lamina A 1 vom ipsilateralen Auge innerviert wird, konnte er folgerichtig Thuma's Nomenklatur weiterführen und Lamina B neu einteilen in die Schichten C, mit Projektion von kontralateral,

C 1 mit Projektion von ipsilateral und C 2 als Grenzlamina zum Tractus opticus ohne eindeutige Projektion. Neueste autoradiographische Studien von Hickey und Guillery ('74) zeigten sechs gut definierte Schichten und erlaubten eine klarere Zuordnung der retinalen Afferenzen als dies mit Degenerationsmethoden möglich ist. In dieser Untersuchung zeigte sich in Lamina C 2 eine schmale kontralaterale Projektion. Deshalb wurde die Schichteneinteilung erweitert und die Grenzschicht zum Tractus opticus als Lamina C 3 bezeichnet.

Das Gesichtsfeld der Katze hat etwa die Form eines Querovals. Die mittleren, binokularen Teile des Gesichtsfeldes werden mit den Netzhäuten beider Augen gesehen. Der temporale Halbmond des Gesichtsfeldes jeder Seite aber wird nur einäugig wahrgenommen. Und zwar von der nasalen Retina des gleichseitigen Auges, da für die temporale Retina des gegenseitigen Auges der Blickwinkel durch den Nasenrücken des Tieres verkürzt ist. Auch die zentralen Repräsentationen der Retina zeigen eine Gliederung in einen binokularen und einen monokularen Teil, da sie retinotopisch organisiert sind. So liegen im CGLd homonyme Punkte der Retina des kontralateralen und ipsilateralen Auges in den Schichten A und A 1 übereinander. Für die nasale Retina des einen Auges gibt es jedoch keinen homonymen Punkt in der temporalen Retina des anderen Auges. Die nasale Retina projiziert nach

kontralateral in die Lamina A auf die laterale Seite des Kerns. Histologisch zeigt sich das so, daß Lamina A nach lateral Lamina A 1 überragt. Diesen Abschnitt bezeichnet man als das monokulare Segment von Lamina A.

Das CGLd mißt von rostral nach caudal 5 - 6 mm, wobei die Dicke der Zellplatte rostral bis zu 2,5 mm und caudal bis zu 1 mm beträgt. Untersucht wurden drei Frontalschnitte bei 65 % der rostrocaudalen Ausdehnung. Das Untersuchungsgebiet lag also knapp caudal von der Kernhälfte. Hier zeigt das CGLd im Transversalschnitt ein länglich-birnenförmiges Profil. Die Schichten A und A 1 liegen in diesem Bereich parallel zueinander und lassen sich gut voneinander abgrenzen. Die C-Schichten wurden in der vorliegenden Untersuchung als Einheit betrachtet, da im Nisslpräparat eine Abgrenzung der C-Schichten nicht möglich ist. Nur die Schichten A und A 1 wurden deshalb einer genaueren Analyse unterzogen.

## 2. Quantitative Beobachtungen am Gesamtkern

Von den im Nisslpräparat sichtbaren Nervenzellen wurde mit dem Planimeter die optische Querschnittsfläche vermessen. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Außengrenze des Perikaryons exakt umfahren wurde. Vom Zellkörper abgehende Dendriten oder Axone wurden nicht mitgemessen, sondern knapp abgeschnitten. Es wurden nur Nervenzellen gemessen, deren Nucleolus klar erkennbar war (Haug '62). Während des Meßvor-

gangs wurden die Zellen genau auf den Nucleolus eingestellt, so daß als Zellort immer der Ort des Nucleolus in die Daten einging. Pro Schnitt wurden alle im linken CGLd gelegenen Nervenzellen, die den Nucleolus erkennen ließen, gemessen. Dies waren je Schnitt etwa 2200 Zellen.

#### Das Histogramm

Um die Zellgrößenverteilung graphisch anschaulich zu machen, wurde eine Säulendarstellung gewählt. Die Höhe der Säulen gab die Anzahl der beobachteten Zellen in einer bestimmten Größenklasse wieder. Die Auswahl der Größenklasse in einem solchen Histogramm geschah willkürlich. Als günstig für die Darstellung erwiesen sich Klassen von jeweils  $5 \mu^2$  Breite, so daß in jeder Säule sich die größten von den kleinsten Zellen um  $5 \mu^2$  unterscheiden.

Die kleinsten Nervenzellen, die gefunden wurden, hatten eine Querschnittsfläche von etwa  $50 \mu^2$ . Die größte gemessene Zelle fand sich bei Versuchstier 302 und hatte  $808 \mu^2$  (Abb. 1). Bei den anderen Versuchstieren lagen die Werte für die größte Zelle zwischen  $681 \mu^2$  und  $776 \mu^2$ . Die größten 20 Zellen eines jeden Schnitts waren über  $491 \pm 34 \mu^2$ .

Für die Charakteristik des Histogramms bedeutet dies, daß im Bereich von  $50 - 100 \mu^2$  die Höhe der Säulen stark zu-

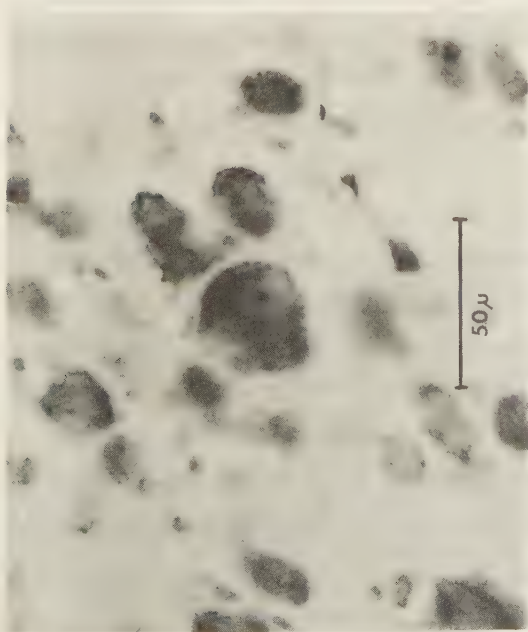
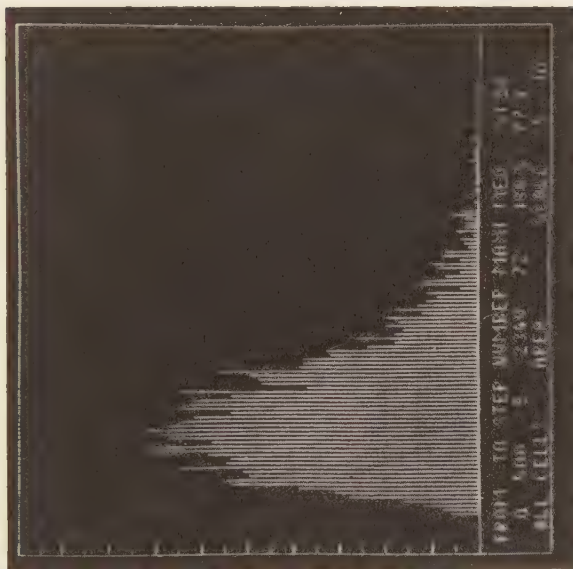


Abb. 2: Säulendarstellung eines Histogramms von allen gemessenen Zellen eines Schnitts. Die Darstellung zeigt die Häufigkeiten der Zellen in Größenklassen zu  $5 \mu^2$  von 0 -  $500 \mu^2$ . Über  $500 \mu^2$  liegende Zellen kommen nicht zur Darstellung. Außer dem Histogramm werden noch die Anzahl der gemessenen Zellen, die Anzahl der Zellen in der höchsten Säule und der Mittelwert mit Standardabweichung angegeben.

Abb. 1: Histologische Abbildung aus dem CGLd mit der größten vermessenen Zelle ( $808 \mu^2$ ).

nimmt, sich zwischen 100 und 150  $\mu^2$  auf etwa konstant hohem Niveau hält und dann, über 150  $\mu^2$  die Höhe der Säulen wieder abnimmt, zunächst rasch, dann langsamer. Schließlich, bei 700  $\mu^2$ , ein Bereich, in dem sich nur noch wenige sehr große Zellen finden, sind entsprechend niedrige vereinzelte Säulen zu sehen (Abb. 2).

Die Histogramme zeigen, daß die Werte nicht normalverteilt sind. Eine Überprüfung der Verteilungsform auf dem Wahrscheinlichkeitsnetz ergab, daß sowohl eine logarithmische Transformation als auch eine Quadratwurzeltransformation der Meßwerte eine bedeutende Abweichung von der Normalverteilung zeigte. Zur statistischen Auswertung kamen also nur verteilungsfreie Verfahren in Frage. Um Unterschiede in der mittleren Zellgröße zwischen den zwei Hauptschichten herauszustellen, wurde der Wilcoxon-Test angewandt. Für paarweise Vergleiche von Histogrammen wurde der  $\chi^2$ -Test benutzt.

Da bei keinem Tier die gleiche Anzahl von Zellen gemessen wurde - pro Tier schwankte die Zahl der beobachteten Zellen zwischen 5347 und 8341 - fiel die Gesamthöhe der einzelnen Histogramme unterschiedlich aus. Ein direkter Vergleich der Histogramme läßt sich dadurch erleichtern, daß auf der Ordinate des Histogramms an Stelle der Anzahl der Zellen der prozentuale Anteil einer Größenklasse an der Gesamtzellpopulation abgetragen wird. Im vorliegenden Vergleich wurden

auch noch größere Größenklassen von  $25 \mu^2$  gewählt (Abb. 3, Seite 22). Die Darstellung zeigt, daß der Unterschied zwischen den einzelnen Versuchstieren nicht sehr groß ist. Die Kurvencharakteristik ist für alle Tiere gleich. Anstieg und Abfall der Kurven bewegen sich in engen Grenzen. Der größte Anteil an der Gesamtpopulation findet sich im Bereich von 125 bis  $150 \mu^2$ . Er geht hier zwischen den einzelnen Tieren relativ weit auseinander und schwankt zwischen 15,4 % und 21,0 % Anteil an der Gesamtzellzahl. Bei Testung der am meisten differierenden Kurven nach dem  $\chi^2$ -Test war kein signifikanter Unterschied zwischen den Kurvenverläufen festzustellen,  $p = 0,9$ . Die Nullhypothese konnte nicht verworfen werden, was bedeutet, daß die beiden am meisten differierenden Kurvenverläufe sich von einem aus beiden gemittelten, hypothetischen Kurvenverlaufs nicht signifikant unterscheiden.

Die mittlere Zellgröße aller gemessenen Zellen variierte deutlich von Tier zu Tier. Die kleinste mittlere Zellgröße hatte Versuchstier 305 mit  $166,3 \mu^2 \pm 70,9$ , die größte mittlere Zellgröße hatte Versuchstier 300 mit  $188,2 \mu^2 \pm 87,9$ . Die im Vergleich zum Mittelwert relativ hohe Standardabweichung kommt durch die große Breite der Zellpopulation zustande (Tab. 1).

Auch die mittleren Zellgrößen der drei innerhalb eines Tieres gemessenen Schnitte zeigten Abweichungen. Die Unter-

TABELLE 1

| Versuchstiere | mittlere Zellgröße und Standardabweichung in $\mu^2$     |                                 |                                 |                                 | Lamina A          | Lamina A I | Körper- und Hirngewicht |
|---------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|------------|-------------------------|
|               | der Schnitte                                             | der Tiere                       | Lamina A                        | Lamina A I                      |                   |            |                         |
| 300 ♂         | 189,0 $\pm$ 87,4<br>185,2 $\pm$ 90,9<br>190,4 $\pm$ 87,4 | 188,2<br>$\pm$ 87,9<br>n = 5347 | 179,8<br>$\pm$ 82,2<br>n = 628  | 202,6<br>$\pm$ 97,1<br>n = 1106 | 3,00 kg<br>9,32 g |            |                         |
| 301 ♂         | 184,2 $\pm$ 87,7<br>170,9 $\pm$ 74,7<br>179,1 $\pm$ 80,2 | 178,0<br>$\pm$ 81,1<br>n = 7726 | 178,1<br>$\pm$ 79,1<br>n = 1868 | 189,6<br>$\pm$ 86,1<br>n = 1268 | 2,75 kg<br>9,27 g |            |                         |
| 302 ♂         | 165,9 $\pm$ 66,5<br>173,5 $\pm$ 72,8<br>177,0 $\pm$ 72,8 | 172,4<br>$\pm$ 70,9<br>n = 8341 | 162,6<br>$\pm$ 64,1<br>n = 2034 | 181,2<br>$\pm$ 76,6<br>n = 2178 | 2,90 kg<br>8,11 g |            |                         |
| 303 ♀         | 192,5 $\pm$ 80,2<br>179,9 $\pm$ 79,7<br>182,4 $\pm$ 77,5 | 185,1<br>$\pm$ 72,1<br>n = 7255 | 175,9<br>$\pm$ 67,0<br>n = 1789 | 192,1<br>$\pm$ 77,4<br>n = 1327 | 2,85 kg<br>8,79 g |            |                         |
| 304 ♀         | 180,5 $\pm$ 77,9<br>176,2 $\pm$ 75,6<br>185,5 $\pm$ 81,4 | 180,7<br>$\pm$ 78,4<br>n = 7302 | 179,1<br>$\pm$ 71,3<br>n = 1865 | 197,4<br>$\pm$ 85,3<br>n = 1060 | 3,05 kg<br>9,51 g |            |                         |
| 305 ♀         | 172,6 $\pm$ 77,8<br>162,1 $\pm$ 69,5<br>163,6 $\pm$ 73,9 | 166,3<br>$\pm$ 74,1<br>n = 5870 | 169,3<br>$\pm$ 66,5<br>n = 1176 | 187,4<br>$\pm$ 81,9<br>n = 832  | 2,75 kg<br>8,54 g |            |                         |

schiede sind jedoch geringer als im Vergleich der Tiere untereinander. Während Versuchstier 305 mit  $166,3 \mu^2$  um 11,7 % hinsichtlich der mittleren Zellgröße kleiner war als Tier 300 mit  $188,2 \mu^2$  beträgt die größte Abweichung innerhalb eines Tieres nur 7,2 %. Im Vergleich der einzelnen Schnitte über alle Tiere ergibt Schnitt a von Versuchstier 303 mit  $192,5 \mu^2$  den größten Durchschnittswert und Schnitt b von Tier 305 mit  $162,1 \mu^2$  den niedrigsten Durchschnittswert. Dies entspricht einem Unterschied von 15,8 %.

### Topographie

Auf dem Bildschirm der Rechenanlage ließen sich die gemessenen Zellen eines jeden Schnitts in ihrer topographischen Lage darstellen und photographisch dokumentieren (Cytotopogramm). Jede beliebige Größenklasse ließ sich so cytotopographisch untersuchen. Wurde die Größenklasse entsprechend weit gewählt, also zum Beispiel von 1 -  $1000 \mu^2$ , so erschien auf dem Bildschirm das Kernprofil des CGLd mit allen gemessenen Zellen (Abb. 4). Bei der Wahl kleinerer Größenklassen, also zum Beispiel von 50 -  $100 \mu^2$  oder von 300 -  $400 \mu^2$  wurden nur Zellen innerhalb dieser Größenklassen cytotopographisch dargestellt. Bei der Darstellung verschiedener Größenklassen in einem Cytotopogramm konnte für jede Größenklasse ein eigenes Symbol benutzt werden. Die topographische Lage der einzelnen Größenklassen wurde dann durch Punkte, Kreise und Quadrate auf dem Bildschirm ange-

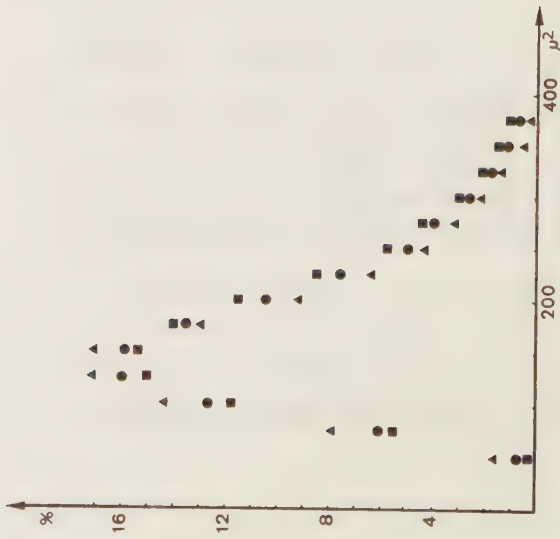


Abb. 3: Histogramm von drei Versuchstieren im Vergleich untereinander bei Größenklassen von  $25 \mu^2$ . Die Ordinatenhöhe gibt den prozentualen Anteil der Größenklasse an der Gesamtzellpopulation eines Tieres wieder. (Punkt = Tier 301, Quadrat = Tier 304, Dreieck = Tier 305)



Abb. 4: Cytotopogramm aller gemessenen Zellen eines Schnitts, mit besonderer Hervorhebung der 20 größten Zellen (durch Quadrate). Die 20 größten Zellen liegen fast ausschließlich in Lamina A 1. Maßstab: 1 mm.

zeigt. Zu jedem Bild konnte zusätzlich eine bei der Datenerfassung eingegebene Umrißkurve des Kernprofils und der Hauptschichten dargestellt werden. So war eine Orientierung über die topographische Lage von vereinzelt dargestellten Zellen möglich. Von jedem Schnitt wurde eine Serie von Cytotopogrammen angefertigt und so die topographische Verteilung verschiedener Zellgrößenklassen innerhalb des Kerns untersucht. Es fiel auf, daß bei ausschließlicher Darstellung der größeren Zellen zunächst die lateralen Anteile des Kerns verschwanden. Die systematische Untersuchung dieses Phänomens ergab, daß bei Darstellung der Zellen von einer Fläche über  $300 - 400 \mu^2$  ein ausgeprägtes laterales Defizit an Zellen auftrat (Abb. 5). Dies bedeutet, daß in den lateralen Anteilen des Kerns im untersuchten Gebiet überwiegend Zellen unter  $332 \pm 39 \mu^2$  Querschnittsfläche gefunden wurden. Bei ausschließlicher Darstellung der größten 20 Zellen eines Schnitts auf dem Bildschirm zeigte es sich, daß diese Zellen überwiegend, und bei einigen Schnitten ausschließlich in Lamina A 1 auftraten (Abb. 4). Nur selten und vereinzelt waren solche Zellen, die eine Querschnittsfläche von über  $491 \pm 34 \mu^2$  hatten in den lateralen Anteilen des Kerns oder in den C-Schichten zu finden. Eine topographische Beziehung dieser Zellen zum Nucleus interlaminaris centralis, also ein gehäuftes Auftreten in dieser Region konnte nicht nachgewiesen werden.

Geschlecht, Körpergewicht und Hirngewicht der Tiere in Beziehung zur mittleren Zellgröße.

Nach den in Tabelle 1 wiedergegebenen Daten besteht anscheinend kein Zusammenhang zwischen Geschlecht und mittlerer Zellgröße. Dieser Eindruck läßt sich allerdings am vorliegenden Material nicht statistisch sichern, weil die Anzahl der Versuchstiere für diesen Zweck nicht ausreichend war. Eine Rangordnung nach der mittleren Zellgröße zeigte die Männchen auf den Positionen 1, 4 und 5 und die Weibchen auf Position 2, 3 und 6. Auch ein paarweiser Vergleich der Rangordnungen von Körpergewicht und mittlerer Zellgröße, sowie Hirngewicht und mittlerer Zellgröße ergab keine Korrelationen.

### 3. Quantitative Beobachtungen an den Hauptschichten A und A 1

Im Nisslpräparat waren die Hauptschichten gut abgrenzbar. Ebenso gut konnte man sie im Computerbild erkennen, das sich in dieser Analyse aus der Übereinanderprojektion der in den drei Schnitten gemessenen Zellen zusammensetzte. Die Grenzen waren definiert durch zellarme Zonen mit dem dorsalen und ventralen Blatt des Nucleus interlaminaris centralis. Für die Schichten A und A 1 wurden nun an Hand des Computerbildes durch Polygonzüge, die den Rand der Laminae markierten, Testfelder festgelegt. Die Koordinaten für die Eckpunkte der Polygonzüge wurden dabei so gewählt, daß die Ganglienzellen des Nucleus interlaminaris centralis sicher nicht innerhalb der Testfelder lagen. In sich wurden

die Testfelder noch von medial nach lateral in 10 bis 14 etwa gleich große Areale unterteilt, um Aussagen über Veränderungen der mittleren Zellgröße abhängig von medialer und lateraler Lokalisation machen zu können (Abb. 6).

#### Mittelwert und Standardabweichung

Für Lamina A ergab die höchste mittlere Zellgröße einen Wert von  $179,8 \pm 82,2 \mu^2$  für Tier 300. Der kleinste Wert für die mittlere Zellgröße war  $162,6 \pm 64,1 \mu^2$  für Tier 302 (Tab. 1). Die Mittelwerte in Lamina A lagen damit meist unter dem Gesamtmittelwert, die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Wert betrug 9,5 %. Die mittlere Zellgröße nimmt von lateral nach medial deutlich zu (Abb. 7). Die am weitesten lateral gelegenen Areale zeigten mittlere Zellgrößen zwischen  $124,3 \mu^2$  und  $164,8 \mu^2$ , die am weitesten medial gelegenen zwischen  $171,3 \mu^2$  und  $201,9 \mu^2$ .

Für Lamina A 1 ergab die höchste mittlere Zellgröße einen Wert von  $202,6 \pm 97 \mu^2$  ebenfalls für Tier 300. Der kleinste Wert für die mittlere Zellgröße war  $181,2 \pm 76,6 \mu^2$  ebenfalls für Tier 302. Die Mittelwerte in Lamina A 1 waren immer über dem Gesamtmittelwert, die Differenz zwischen größter und kleinster mittlerer Zellgröße betrug 10,5 %. Auch für Lamina A 1 konnte ein Trend zur Zunahme der mittleren Zellgröße von lateral nach medial festgestellt werden. Allerdings war dieser Trend nicht so ausgeprägt wie in



Abb. 5: Cytotopogramm der Nervenzellen über 350  $\mu^2$  zur Darstellung des lateralen Defizits.  
Maßstab: 1 mm.

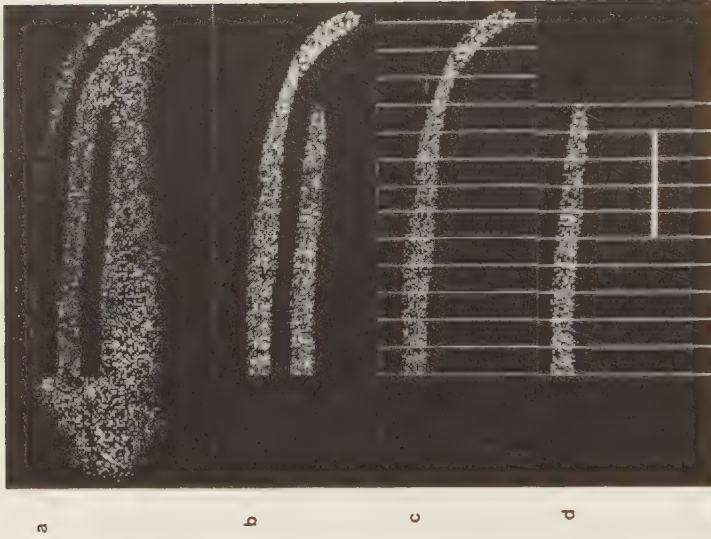


Abb. 6: Cytotopogramm aller vermessenen Zellen eines Versuchstiers mit Darstellung der Testfelder in Lamina A und A 1.  
a) Lage der Testfelder in Lamina A und A 1  
b) Die Testfelder aus Lamina A und A 1  
c) Lam. A von medial nach lateral unterteilt  
d) Lam. A 1 von medial nach lateral unterteilt  
Maßstab: 1 mm.

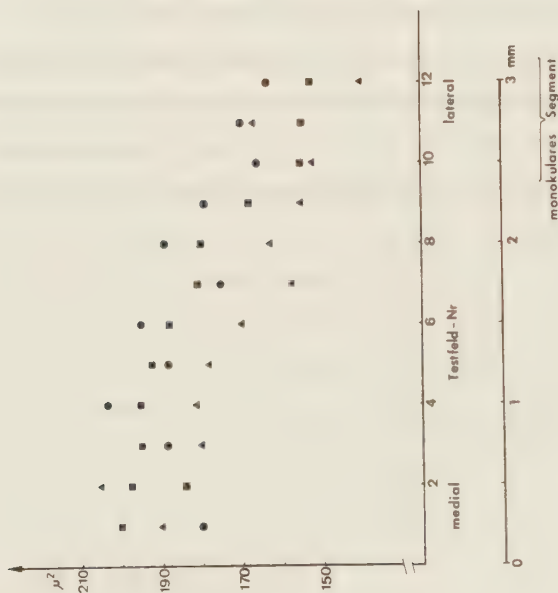


Abb. 7: Mittlere Zellgrößen in Lamina A von drei Versuchstieren abhängig von medialer oder lateraler Lokalisation. (Punkt = Tier 301, Quadrat = Tier 304 Dreieck = Tier 305)

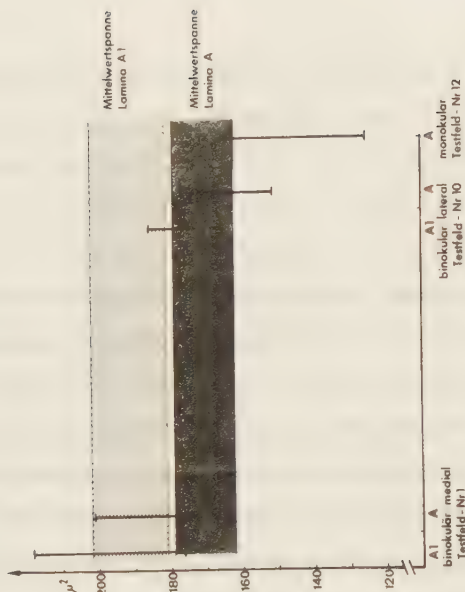


Abb. 8: Darstellung der jeweils kleinsten und größten gefundenen mittleren Zellgröße in den Laminae A und A 1 abhängig von medialer oder lateraler Lokalisation und Darstellung der Mittelwertspanne vom kleinsten zum größten gefundenen Wert der gesamten Laminae A und A 1

Lamina A. Lateral lagen die mittleren Zellgrößen zwischen  $164,8 \mu^2$  und  $183,6 \mu^2$ , medial zwischen  $175,9 \mu^2$  und  $217,7 \mu^2$ . Wie man sieht überlappen sich die beiden Bereiche in Lamina A 1, während dies für Lamina A nicht gilt (Abb. 8).

Aus den Ergebnissen über die mittleren Zellgrößen von den Schichten A und A 1 geht hervor, daß die Zellen von Lamina A durchschnittlich immer kleiner sind als die von Lamina A 1. Der höchste für Lamina A gefundene Durchschnittswert lag bei  $179,8 \mu^2$ , der niedrigste für Lamina A 1 gefundene Durchschnittswert lag bei  $181,2 \mu^2$ . Dies bedeutet, daß die Werte der beiden Schichten zwei Gruppen bilden, die einander nicht berühren. Nach dem Wilcoxon matched-pairs signed ranks Test ergibt sich ein auf dem 5 %-Niveau signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Dies tritt selbst dann auf, wenn man darauf verzichtet, die Schichten nach Versuchstieren geordnet gegenüberzustellen. Das heißt, daß nicht nur innerhalb eines Tieres sondern für die hier untersuchten Fälle generell ein signifikanter Unterschied zwischen Lamina A und A 1 besteht.

## DISKUSSION

Wenn im folgenden unser Zahlenmaterial mit Messungen anderer Autoren verglichen wird, so müssen dabei einige methodisch bedingte Unsicherheiten berücksichtigt werden.

Zunächst betrifft das die histologische Präparation. Hier gibt es bei den verschiedenen Untersuchern Unterschiede in der Gewebefixierung (4 % und 10 % Formalin), in der Gewebs-einbettung (Celloidin, Paraffin) und in der Schnittdicke der histologischen Präparate (14  $\mu$ , 15  $\mu$ , 25  $\mu$ , 26  $\mu$ ). In der vorliegenden Arbeit wurde auf die Paraffineinbettung des Materials deshalb verzichtet, weil sie für die quantitative Auswertung wegen regelmäßiger perizellulärer Artefakte ungeeignet erscheint (Cook, Walker und Barr '51).

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor liegt in der unterschiedlichen Beurteilung der Zellgrenze durch verschiedene Beobachter. Auch wenn die Kriterien für die Messung der Nervenzellen exakt festgelegt sind, läßt sich doch ein subjektiver Meßfehler nicht ausschließen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß gleiche Zellen von verschiedenen Personen verschieden groß gemessen werden.

Außerdem sind die Meßverfahren unterschiedlich. Die vorgestellte Meßordnung ist ganz neu entwickelt worden. Das vorliegende Zahlenmaterial mußte deshalb mit Messungen aus anderen Meßverfahren verglichen werden. Häufig gebrauchte Verfahren waren das Messen von Länge und Breite der Zellkörper, das Herauszeichnen der Zellen durch Camera lucida Projektion auf Millimeterpapier und Auszählen der enthaltenen Planquadrate, und in jüngster Zeit das Auswerten von Camera lucida Zeichnungen durch automatische Bildanalyse-Computer. Bei einigen Vergleichsmessungen zwischen gezeichneten Zellen und mit dem Planimeter direkt umfahrenen Zellen zeigte es sich, daß die Meßgenauigkeit bei den verschiedenen Verfahren etwa gleich ist.

Auch die Gewinnung der Stichproben war unterschiedlich. Aus den Schichten des CGLd wurden bei früheren Publikationen während des Meßvorgangs die zu vermessenden Zellen am histologischen Schnittpräparat ausgewählt. In der vorliegenden Arbeit wurden die Stichproben erst nach Beendigung der Messungen bei der Auswertung am Computer-Bildschirm entnommen.

Minkowski ('13) und Thuma ('28) teilten die Ganglienzellen des CGLd ihrer Größe nach in drei Gruppen ein, große, mittlere und kleine Zellen. Für die großen Zellen gab Minkowski eine Länge von 40 - 65  $\mu$  und eine Breite von 25 - 40  $\mu$  an.

Rechnet man diese Angaben auf die Fläche einer Ellipse um, so ergibt sich eine Querschnittsfläche von  $755 - 2000 \mu^2$ . Dies erscheint wesentlich zu groß im Vergleich zu der hier gefundenen größten Zelle von  $808 \mu^2$ . Schon Thuma ('28) wies darauf hin, daß er keine so großen Zellen, wie sie bei Minkowski beschrieben waren, finden konnte. Thumas größte Zellen hatten einen Durchmesser von  $30 - 40 \mu$ . Umgerechnet auf Kreisfläche sind dies  $710 - 1260 \mu^2$ . Die in dieser Arbeit gefundenen größten Zellen liegen etwa in diesem Größenbereich. Wiesel und Hubel ('63) führten Messungen von Querschnittsflächen der Ganglienzellen in den Hauptschichten des CGLd im Rahmen von Degenerationsversuchen durch. Sie stellten fest, daß bei Normaltieren die Zellgröße zwischen  $180$  und  $600 \mu^2$  liegt. Die Obergrenze von  $600 \mu^2$  stimmt gut mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung überein, wenn man berücksichtigt, daß nur sehr wenige Zellen über  $600 \mu^2$  gefunden werden. Dies gilt für die Untergrenze von  $180 \mu^2$  allerdings nicht. Mit  $180 \mu^2$  liegt sie weit über dem Wert von  $50 \mu^2$ , wie im vorliegenden Material gefunden wurde. Minkowski ('13) gab an, daß die kleinen Zellen Durchmesser von  $5 - 15 \mu$  hätten. Umgerechnet auf Kreisfläche führt das zu Querschnittsflächen von  $20 - 180 \mu^2$ .  $20 \mu^2$  als untere Grenze für die kleinsten Zellen anzunehmen, erscheint, gemessen an den vorliegenden Ergebnissen, als zu klein. Thuma ('28) maß für seine kleinen Zellen einen Durchmesser von  $10 - 20 \mu$ , umgerechnet auf Kreisfläche  $79 - 310 \mu^2$ . Damit

liegen die vorliegenden Ergebnisse genau zwischen den unteren Grenzen der Zellgröße, die von Thuma und Minkowski angegeben wurden.

Für die mittleren Zellgrößen über alle gemessenen Zellen je Tier gibt es in der Literatur keine Vergleichsmöglichkeiten, da frühere Messungen sich nur auf ausgewählte Gebiete der verschiedenen Laminae des Kerns beziehen.

#### Lamina A

Wiesel und Hubel ('63) fanden bei den oben erwähnten Deprivationsversuchen in der normalen Lamina A mittlere Zellgrößen von  $365 \mu^2$ . Dies liegt wesentlich über den hier erhobenen Befunden von 163 bis  $180 \mu^2$ . Eine Erklärung für diese große Abweichung ist schwierig. Wahrscheinlich ist sie darin zu suchen, daß bei Wiesel und Hubel ('63) die untere Grenze der Zellpopulation nicht bei  $50 \mu^2$ , sondern bei  $180 \mu^2$  beginnt. Dadurch muß es natürlich zu einer erheblichen Verschiebung des Mittelwerts nach oben kommen. Cook, Walker und Barr ('51) ermittelten, nachdem sie 700 Zellen von 12 Versuchstieren gemessen hatten, einen Normalwert für Lamina A von  $192 \pm 75 \mu^2$ . Dieses Ergebnis entspricht den in dieser Arbeit angegebenen Werten ziemlich genau. Vor allem die Standardabweichung, durch die die Populationsbreite der Zellgrößen ausgedrückt wird, liegt exakt in dem hier angegebenen Bereich. Interessant ist auch ihre Tabelle der mittleren Zell-

größen von den normalen Laminae A. Gemessen wurden dabei je 50 Zellen. Der kleinste Mittelwert lag bei  $149 \mu^2$ , der größte bei  $250 \mu^2$ . Diese Werte sind jedoch als Ausreißer zu betrachten, denn 7 von 12 Versuchstieren hatten mittlere Zellgrößen zwischen  $171 \mu^2$  und  $186 \mu^2$ , ein Bereich, der den hier gefundenen Ergebnissen entspricht.

Innerhalb von Lamina A zeigten die Messungen der vorliegenden Arbeit einen Trend zur Zunahme der mittleren Zellgröße von lateral nach medial. Dies kann mit Messungen früherer Autoren aus dem monokularen und binokularen Segment verglichen werden, da, wie schon beschrieben wurde, die lateralen Anteile des Kerns das monokulare, die medialen Anteile das binokulare Segment darstellen. Garey, Fisker und Powell ('73) fanden bei normalen Katzen, daß das binokulare Segment durchschnittlich größere Zellen hat als das monokulare Segment. Insgesamt gesehen liegen ihre Werte jedoch über den hier gefundenen, nämlich für das monokulare Segment bei  $200,5 \mu^2$ , für das binokulare Segment bei  $247 \mu^2$ . Guillery und Stelzner ('70) gaben als Normalwerte für das monokulare Segment  $148,7 \mu^2$  und für das binokulare Segment  $211,6 \mu^2$  an. Dies liegt ziemlich genau in dem in Abb. 7 gezeigten Größenbereich. Keinen Unterschied zwischen monokularen und binokularen Segment stellte Guillery später, 1973 fest. Er fand Werte von  $199,5 \mu^2$  für binokular und  $202,1 \mu^2$  für monokular bei Messungen in Lamina A. Dies ließ

ihn vermuten, daß nach einseitiger Deprivation nicht Schrumpfungsvorgänge in den deafferentierten Nervenzellen, sondern Wachstumsprozesse an den nicht betroffenen Ganglienzellen für die Größenunterschiede dieser beiden Gruppen verantwortlich zu machen waren. Zur Bestätigung dieser These forderte Guillery eine größere Anzahl von Messungen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung können jedoch den Ausgangspunkt von Guillery's These, nämlich gleiche mittlere Zellgrößen im monokularen und binokularen Segment, nicht untermauern, da alle Versuchstiere einen erheblichen Unterschied der Mittelwerte in den beiden Segmenten zeigten.

#### Lamina A 1

Ähnlich wie schon bei Lamina A liegt auch für Lamina A 1 der von Wiesel und Hubel ('63) angegebene Wert von  $340 \mu^2$  weit über den hier erhobenen Befunden ( $181 - 202 \mu^2$ ).

Guillery ('73 a) gab für Lamina A 1 eine mittlere Zellgröße von  $228,9 \mu^2$  an. Über den im vorliegenden Material beobachteten Trend zur Zunahme der Zellgröße von lateral nach medial in Lamina A 1 finden sich keine Hinweise in der Literatur.

Wiesel und Hubel ('65) und Guillery ('73 a) und ('73 b) beobachteten, daß Lamina A 1 durchschnittlich größere Zellen hat als Lamina A. Dies konnte durch die vorliegende Arbeit eindrucksvoll bestätigt werden. Die funktionelle Bedeutung dieser Differenz ist unbekannt.

Die von früheren Untersuchern festgestellte hohe Variabilität der mittleren Zellgröße im CGLd zwischen den Versuchstieren ließ sich in unseren Werten nicht bestätigen. Zwar zeigten sich deutliche Unterschiede bei den Gesamtmittelwerten der einzelnen Katzen, relativ gesehen aber betrug die Differenz vom größten zum kleinsten Gesamtmittelwert nur 11,7 %. In den zwei Hauptschichten war diese Differenz sogar noch geringer, nämlich 9,5 % in Lamina A und 10,5 % in Lamina A 1. Guillery ('73 a) fand im Vergleich dazu bei 7 Versuchstieren in Lamina A 1 mittlere Zellgrößen zwischen  $161,5 \mu^2$  und  $269,3 \mu^2$ . Die Differenz vom größten zum kleinsten Gesamtmittelwert beträgt in diesem Fall 40 %.

Die in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Werte erscheinen brauchbar und geeignet, daran Schrumpfungsprozesse von deafferentierten Nervenzellen zu untersuchen. Das Ausmaß der Schrumpfung solcher Nervenzellen soll bis zu 40 % betragen (Wiesel und Hubel '65).

#### ZUSAMMENFASSUNG

---

Bei 6 Katzen, 3 weiblichen und 3 männlichen, wurden die Querschnittsflächen von Nervenzellen aus dem Dorsalkern des Corpus geniculatum laterale mit einer halbautomatischen Meßanordnung vermessen. Die ermittelten Werte wurden auf einer IBM Rechenanlage durch ein speziell dafür erstelltes Programm ausgewertet. Dabei zeigte sich, daß die mittleren Zellgrößen der verschiedenen Versuchstiere einer gewissen Variation unterliegen, der Schwankungsbereich aber nicht so groß ist wie bisher angenommen wurde. Bei der genauen topographischen Größenanalyse in den beiden Hauptschichten des Dorsalkerns konnte ein Trend zur Zunahme der mittleren Zellgröße von lateral nach medial in Lamina A festgestellt werden. In Lamina A 1 war dieser Trend weniger stark ausgeprägt. Die Nervenzellen in Lamina A 1 waren durchschnittlich signifikant größer als die Nervenzellen in Lamina A.

LITERATURVERZEICHNIS

---

COOK, W. H., J. H. WALKER und M. L. BARR. A cytological study of transneuronal atrophy in the cat and rabbit. J. Comp. Neurol. 94, 267 - 291 (1951)

CRUVEILHIER, J. Anatomie descriptive. 4 vols. Béchet Jeune Paris (1836)

GANSER, S. Über die periphere und centrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psychiat. u. Nervenkr. Bd. 13 (1882)

GAREY, L. J., R. A. FISKEN und T. P. S. POWELL. Effects of experimental deafferentation on cells in the lateral geniculate nucleus of the cat. Brain Res., 52, 363 - 369 (1973)

GUDDEN, B. von, Experimentaluntersuchungen über das peripherische und centrale Nervensystem. Arch. f. Psychiat. und Nervenkr. Bd. 2 (1870)

GUILLERY, R. W. The laminar distribution of retinal fibers in the dorsal lateral geniculate nucleus of the cat: A new interpretation. J. Comp. Neurol. 138, 339 - 368 (1970)

GUILLERY, R. W. The effect of lid suture upon the growth of cells in the dorsal lateral geniculate nucleus of kittens. J. Comp. Neurol. 148, 417 - 422 (1973 a)

GUILLERY, R. W. Quantitative studies of transneuronal atrophy in the dorsal lateral geniculate nucleus of cats and kittens. J. Comp. Neurol. 149, 423 - 438 (1973 b)

GUILLERY, R. W. und D. J. STELZNER. The differential effects of unilateral lid closure upon the monocular and binocular segments of the dorsal lateral geniculate nucleus in the cat. J. Comp. Neurol. 139, 413 - 422 (1970)

HAUG, H. Bedeutung und Grenzen der quantitativen Meßmethoden in der Histologie. Medizinische Grundlagenforschung Bd. IV, 299 - 342 (1962)

HAYHOW, W. R. The cytoarchitecture of the lateral geniculate body in the cat in relation to the distribution of crossed and uncrossed optic fibers. J. Comp. Neurol. 110, 1 - 64 (1958)

HICKEY, T. L. und R. W. GUILLERY. An autoradiographic study of retinogeniculate pathways in the cat and the fox. Arbeit: Anatomy Department University of Wisconsin (1974)

LEIBNITZ, L. Untersuchungen zur Optimierung der Gewichts- und Volumenänderungen von Hirnen während der Fixierung, Dehydrierung und Aufhellung sowie über Rückschlüsse vom Gewicht des behandelten auf das Volumen des frischen Gehirns. Journal für Hirnforschung, Bd. 13, Heft 4/5 (1971/72)

MINKOWSKI, M. Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen der Großhirnrinde und der Netzhaut zu den primären optischen Zentren, besonders zum Corpus geniculatum externum.  
Arbeit: Hirnanat. Inst. Zürich 7, 259 - 362 (1913)

MONAKOW, v., C. Ueber einige durch Exstirpation circumscrippter Hirnrindenregionen bedingte Entwicklungshemmungen des Kaninchengehirns. Arch. f. Psychiat. und Nervenkr. Bd. 12, (1882)

POLYAK, S. The vertebrate visual system. University of Chicago Press, Chicago (1957)

REINOSO-SUAREZ, F. Topographischer Hirnatlas der Katze für experimentalphysiologische Untersuchungen. E. Merck AG, Darmstadt (1961)

ROMEIS, B. Mikroskopische Technik. R. Oldenbourg Verlag München, Wien (1968)

TARTUFERI, F. Contributo anatomico sperimentale alla conoscenza del tratto ottico e degli organi centrali dell'apparato della visione. Torino (1881)

TELLO, F. Disposición macroscópica y estructura del cuerpo geniculado externo. Trab. Lab. Invest. Biol. Univ. Madrid 3, 59 - 62 (1904)

THUMA, B. D. Studies on the diencephalon of the cat.  
I. The cytoarchitecture of the corpus geniculatum laterale.  
J. Comp. Neurol. 46, 173 - 200 (1928)

VESALIUS, A. De Humani Corporis Fabrica. Libri septem,  
J. Oporinus, Basel (1555)

WIESEL, T. N. und D. H. HUBEL. Effects of visual deprivation on morphology and physiology of cells in the cat's lateral geniculate body. J. Neurophysiol. 26, 978 - 993 (1963)

WIESEL, T. N. und D. H. HUBEL. Extent of recovery from the effects of visual deprivation in kittens. J. Neurophysiol. 28, 1060 - 1072 (1965)

Meinen ganz besonderen Dank möchte ich Herrn Priv. Doz. Dr. H. Holländer aussprechen für die Überlassung des Dissertationsthemas und die Möglichkeit, in seinem Labor arbeiten zu dürfen. Die anregenden Diskussionen mit Herrn Priv. Doz. Dr. H. Holländer waren für mich und dem Fortgang der Arbeit besonders wertvoll.

Den Mitarbeiterinnen des neuroanatomischen Labors, Fräulein R. Müller, Fräulein R. Scheil und Frau B. Schwarz danke ich für Hilfe im Labor und Rat bei der Durchführung der Arbeit, Herrn P. Kallert für seine Unterstützung bei den Photoarbeiten.

Bei Johann-Heinrich Bosse bedanke ich mich für die zuverlässige Mitarbeit beim Vermessen der Zellen.



Nikolaus Blume

L e b e n s l a u f

28. 8. 1947      in München geboren als Sohn des Maschinenbauingenieurs Josef Blume und seiner Ehefrau Cäcilie, geb. Langseder.
- 1953 - 1958      Volksschule in München.
- 1958 - 1967      Besuch des Wittelsbacher Gymnasiums in München.
- 1967              Abitur am Wittelsbacher Gymnasium in München.
- 1967 - 1969      Als Wehrpflichtiger für 18 Monate bei der Bundeswehr.
- 1969 - 1974      Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München und an der Technischen Universität München.
13. 12. 1974      Medizinisches Staatsexamen.
- 1973              Verheiratung mit Brigitte Karg.

Nikolaus Blume









